



簡明热处理工作手册

孙小冰編譯

內 容 提 要

本书共分七章,第一章对金属热处理基本原理——鉄碳合金状态图和 C-曲綫图作了簡明的介紹;第二章詳細地叙述各种鋼的編号方法,列出国产鋼的化学成分、机械性能、热处理规范和用途;第三、第四和第五章分別介绍了热处理和化学热处理方法、各种主要零件的热处理工艺以及热处理車間主要設備及輔助設備的規格、性能和用途;第六章叙述有色金属的热处理;最后一章扼要地介紹热处理工作的安全知識。

在第二版中,作者全面修訂并补充了很多新資料,可供从事热处理工作的工人、中等技术人員以及有关专业的大专学生参考。

簡明热处理工作手册

(第 二 版)

孙 小 冰 編 譯

*

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

大东集成联合印刷厂印刷

*

开本 850×1168 1/32 印張 12 14/32 插頁 2 字數 317,000

(原大东、科技版共印 12,520 册 1955 年 3 月第 1 版)

1958 年 10 月新 1 版印 3 次共印 26,500 册

1962 年 8 月第 2 版 1962 年 8 月第 1 次印刷

印数 1—8,000

統一書号: 15119 · 202

定 价: (十二) 1.75 元

第二版序

本版修訂範圍主要包括：

(1) 重写了第一章中“鉄碳合金状态图”一节，补充了有关 C-曲线图、鋼的晶粒度和鋼的淬透性等資料；

(2) 根据冶金工业部 1959 年 11 月 22 日頒布的“鋼鉄产品牌号表示方法”，把原书中的苏联鋼号全部改为国产鋼号。这样对使用本书的同志可能更为便利。对各种鋼的用途也作了新的补充；

(3) 根据苏联的最近資料，增添了有关量具和切削刀具热处理的工艺資料；

(4) 补充了“大型鍛件的热处理”一节，以及有关处理农业机械零件的一些工艺資料；

(5) 在“热处理車間設備”一章中，补充了苏联“电炉”工厂的一些新产品。改写了“測量温度的仪器”一节。最后，还增添了“热处理車間輔助材料的消耗定額”一节，这些資料对热处理工作者是很有用的；

(6) 增加了“有色金属的热处理”和“热处理安全知識”二部分。

因限于時間及水平，这次的修訂虽作了一些工作，但謬誤之处，在所难免，希望使用本书的同志多多指正和批評。

1961年10月

目 录

第二版序

第一章 鋼的結構組織与性能	1
一、鉄碳合金状态图	1
(一)图中的相 (二)图中的点 (三)图中的綫 (四)图中的区域	
二、奥氏体等温轉变图(C-曲綫图)	6
(一)奥氏体在 C-曲綫上部区域的轉变 (二)奥氏体在 C-曲綫中部区域的轉变 (三)奥氏体在 C-曲綫下部区域的轉变	
三、結構組織及其性能	12
(一)純鉄体 (二)奥氏体 (三)渗碳体 (四)珠光体 (五)索氏体 (六)托氏体 (七)針状托氏体 (八)馬氏体	
四、鋼的晶粒度及其測定方法	20
五、鋼的淬透性	23
第二章 鋼和鑄鉄的化学成分、机械性能、热处理规范和用途	27
一、鋼的分类方法	27
(一)按冶炼方法分类的鋼 (二)按化学成分分类的鋼 (三)按結構組織分类的鋼 (四)按质量分类的鋼 (五)按成形方法分类的鋼 (六)按用途分类的鋼	
二、鋼的編号方法	28
(一)我国鋼的編号方法 (二)苏联鋼的編号方法 (三) S. A. E. 鋼的編号方法	
三、国产鋼的化学成分、机械性能、热处理规范和用途	31
(一)碳鋼 (二)合金鋼 (三)高速鋼 (四)特殊用途鋼	
四、S. A. E. 結構用鋼的化学成分和热处理规范	69

[2] 目 录

五、鑄鐵的化学成分、机械性能、热处理规范和用途	79
(一)灰口鑄鐵 (二)可鍛鑄鐵	
第三章 热处理的基本原理	91
一、热处理时鋼的加热、透燒(保温)和冷却	91
(一)加热 (二)透燒(保温) (三)冷却	
二、热处理时鋼件加热和透燒的时间	92
(一)苏联的資料 (二) A. S. S. T. 的資料 (三) A. S. M. 的資料	
(四) Trunk 的資料 (五)快速加热的資料	
三、热处理的方法	97
(一)退火 (二)淬火 (三)回火 (四)冷处理 (五)时效处理 (六)	
鋼热处理时产生的缺陷及其补救的方法	
四、常用的各种淬火剂(冷却剂)和淬火、回火时用的加热剂	117
(一)冷却剂 (二)加热剂	
五、化学热处理方法	122
(一)渗碳法 (二)氰化法 (三)氮化法 (四)鋼化学热处理时产生的	
缺陷及其补救的方法	
六、硬度試驗	148
(一)布氏硬度 (二)洛氏硬度 (三)維氏硬度 (四)肖氏硬度	
七、热处理用的保护气体(控制气体)	152
第四章 零件的热处理工艺	161
一、汽車主要零件的热处理	161
(一)曲軸的热处理 (二)齒輪的热处理 (三)气門的热处理 (四)活	
塞环的热处理 (五)鋼板彈簧銷的热处理 (六)汽車后半軸的热处理	
(七)汽車前軸的热处理 (八)制动器凸輪的热处理	
二、彈簧的热处理	170
三、軸承零件的热处理	173
(一)軸承圈(内圈和外圈)的热处理 (二)滾珠和滾柱的热处理 (三)	
渗碳鋼制軸承圈的热处理	
四、各种长軸和短軸的热处理	177
五、模子的热处理	180

六、量具(驗規)的热处理	183
七、切削刀具的热处理	206
(一)碳工具鋼制的切削刀具的热处理特点 (二)合金工具鋼制的切削 刀具的热处理特点 (三)高速鋼制的切削刀具的热处理特点 (四)推 荐制造各种工具用的鋼及其回火温度和硬度	
八、大型鍛件的热处理	297
九、修理时推荐制造机床和压床零件的代用鋼及其回火温度和硬 度	304
十、推荐制造农业机器零件用的鋼及其回火温度和硬度	307
 第五章 热处理車間設備	 313
一、热处理加热炉	313
(一)箱式炉 (二)井式炉 (三)盐槽(盐浴炉) (四)連續作业炉	
二、测量温度的仪器	341
(一)工业用玻璃管式液体溫度計 (二)热电偶和毫伏計 (三)光学高 溫計和輻射高溫計	
三、冷却裝置	344
(一)普通的淬火槽 (二)輸送带式淬火槽 (三)提升式淬火池 (四) 淬火机	
四、清洁裝置	349
(一)清洗槽 (二)噴砂机	
五、校直設備	353
六、檢驗設備	355
(一)布氏硬度机(TIII 型) (二)洛氏硬度机(TR 型)	
七、热处理車間輔助材料的消耗定額(根据热处理零件的重量計 算)	358
(一)保护气体 (二)淬火用冷却剂 (三)加热剂 (四)渗碳剂 (五) 氰化剂 (六)氮化时氮气的消耗量 (七)热处理用的其他設備 (八) 清洁零件时用的材料	
 第六章 有色金属的热处理	 361
一、銅和銅合金	361

[4] 目 录

(一)純銅 (二)銅合金	
二、鎳和鎳合金	365
(一)鎳 (二)鎳合金	
三、鎂合金	366
四、鋁和鋁合金	370
(一)鋁 (二)鋁合金	
五、鈦和鈦合金	375
第七章 熱處理安全知識	376
一、對熱處理車間安全生產的一般要求	376
二、加熱爐工作的安全知識	377
(一)重油爐的安全工作規則 (二)燃氣爐的安全工作規則 (三)電爐的安全工作規則 (四)鹽浴爐的安全工作規則	
三、氰化工段的安全知識	379
(一)氰化工段安全操作規則 (二)氰化工段淬火和清洗用水的消毒規則	
四、油冷、清潔和檢驗作業的安全知識	380
(一)油冷作業的安全知識 (二)清潔和檢驗作業的安全知識	
五、熱處理車間個人和公共安全知識	382
附 录	385
I. 蘇聯書籍中常見的符號及其度量單位	385
II. 重要金屬和非金屬元素的物理化學常數和機械性能	387
III. 攝氏(°C)和華氏(°F)溫度對照表	388
IV. 合金元素對鋼的性能的影響	390
參考資料	391

第一章 鋼的結構組織與性能

鋼的内部組織決定了鋼的機械性能，而化學成分和熱處理的方法又決定了鋼的結構組織。

金屬學是研究金屬和合金的各種性能及其内部構造（結構組織）關係的科學。金屬和合金的内部構造和它們的機械性能之間存在着一定的關係，測定這個關係，尋求熱處理和機械加工的方法，使金屬和合金具有各種不同的構造，這便是研究金屬學的目的。

熱處理是改變鋼的結構組織，以達到改變其性能的一種方法；因此熱處理是使鋼件獲得新的性能的一門工藝。它擴大了金屬和合金的使用範圍，保證工件具有符合於使用要求的性能。

掌握正確的熱處理方法，乃是保證工件質量的主要關鍵。在研究鋼的熱處理以前，必須先了解鋼在熱處理過程中結構組織的變化，也就是說，鋼在加熱和冷卻過程中的變化。要掌握鋼在加熱和冷卻過程中的變化規律，必需學習下面兩個基本圖——鐵碳合金狀態圖和C-曲線圖（即奧氏體等溫轉變圖）。

一、鐵碳合金狀態圖

在鐵碳合金狀態圖（圖1-1）上橫軸表示合金中碳的含量（%C），直軸表示溫度（°C）。圖的最左邊是純鐵（含碳為零）；右邊是指含碳量相當於6.67%的碳化鐵（ Fe_3C ）。含碳高於6.67%的鐵碳合金，由於脆性很大，根本沒有使用的價值。所以，這裡所謂的鐵碳合金狀態圖，實際上是Fe- Fe_3C 狀態圖。

在鐵碳合金狀態圖上，根據碳的含量，可以分為兩大類：含碳量在2.0%以下的鐵碳合金叫做鋼；含碳2.0~6.67%的叫做鑄鐵。

共析鋼), 在加热以前是由純鉄体+珠光体結構組成; 而含碳量在 0.80~2.0% 的鋼 (又叫做过共析鋼), 在加热以前是由滲碳体+珠光体結構組成; 含碳量为 0.80% 的鋼 (又叫做共析鋼), 在加热以前是由单一的珠光体組成。

加热到 A_{c1} 临界点 (图上的 PSK 綫) 以上, 鋼中的珠光体开始轉变为奥氏体 (一种固溶体); 当温度升高到 A_{c2} (图上的 GSE 綫) 时, 过剩相 (亚共析鋼中的純鉄体和过共析鋼中的滲碳体) 开始溶入奥氏体中, 而得到均匀的相 (奥氏体)。

在热处理的时候, 我們可以根据鉄碳合金状态图来决定各种含碳量不同的鋼的淬火、正火和退火的温度。

鉄碳合金状态图的图形构造, 在很久以前就已具有十分固定的形状, 但是愈来愈新的科学研究工作, 才将各个主要点的位置和綫的行程加以确定。所以在不同年分的技术文献中, 可以遇到不同的临界点和濃度数值, 个别綫的位置和行程等也有偏差。这又怎样解釋呢? 主要是因为使用的原材料純度和仪器的精确度不断地改进, 因此所得的图形构造也随之改变。

(一) 图中的相

在 $Fe-Fe_3C$ 系内共有以下四个相存在:

液相 L (碳在鉄中的液溶体)——在液相綫 $ABCD$ 以上存在。

滲碳体 Fe_3C ——即垂綫 $DFKL$ 。

純鉄体——为碳在 α -鉄中的固溶体。純鉄体在 $Fe-Fe_3C$ 系中的位置是在 GPQ 及 AHN 綫之左方。

奥氏体——为碳在 γ -鉄中的固溶体。奥氏体区域在状态图上为 $NJESG$ 。

(二) 图中的点

图中各点的含碳量和温度值, 以及它們所代表的意义列于表 1-1。

(三) 图中的綫

$ABCD$ 为液相綫, 而 $AHJECF$ 則为固相綫。

表 1-1

点的符号	温度(°C)	碳的濃度(%)	代 表 的 意 义
A	1535	0	純鐵的熔化点
B	1485	0.5	由于包晶作用形成的碳在 γ -鐵中的极限溶液
H	1485	0.1	碳在 δ -鐵中的最大溶解度
J	1485	0.16	包晶点
N	1400	0	純鐵 $\gamma \longleftrightarrow \delta$ 的同素异形轉变
E	1130	2.0	γ -鐵(奧氏体)中碳的最大溶解度
C	1130	4.3	共晶点
F	1130	6.67	渗碳体垂綫上的点
G	910	0	純鐵 $\alpha \longleftrightarrow \gamma$ 的同素异形轉变
D	1600	6.67	估計的純渗碳体的熔化温度
P	723	0.02	純鐵体中碳的最大溶解度(在 723°C 时)
S	723	0.8	共析点
K	723	6.67	渗碳体垂綫上的点
Q	600	0.006	純鐵体中碳的最大溶解度(在 600°C 时)
L	600	6.67	渗碳体垂綫上的点

HJB 水平綫——发生包晶反应,結果形成了奧氏体。此反应仅可以在含碳 0.1~0.5% 的鉄碳合金中发生,相当于 1485°C。

ECF 水平綫——发生共晶反应,結果生成共晶混合物。奧氏体与渗碳体的共晶混合物称为萊氏体。此反应发生在所有含碳超过 2% 的合金中,相当于 1130°C。

PSK 水平綫——发生共析反应,結果生成共析混合物,純鉄体与渗碳体的共析混合物称为珠光体。在所有含碳超过 0.02% (*P* 点) 的合金中均发生珠光体轉变,相当于 723°C (A_1)。

ES 綫——碳在奧氏体中的固溶綫(极限溶解度綫)。从該綫看出,奧氏体的最大溶解度是在 1130°C,此时可溶解 2.0%C,而在 723°C 时只能溶解 0.8%C。故凡含碳量大于 0.8% 的鉄碳合金自 1130°C 冷至 723°C 时,均会自 γ -鉄(奧氏体)中析出二次渗碳体(A_2)。

PQ 綫——碳在純鉄体中的固溶綫(极限溶解度綫)。純鉄体在 723°C 时的最大溶解度为 0.02%C,而在室温时仅为 0.006%;故一般鉄碳合金凡自 723°C 冷至室温时,均可能自 α -鉄中析出三次渗碳体,但因其数量极少,一般

常予以忽略。

除上述的主要綫外,其他各綫所代表的意义如下:

AB —— δ -固溶体(δ -鉄)的液相綫;

BC ——奥氏体的液相綫;

CD ——渗碳体的液相綫;

AH ——沿 AB 綫結晶的 δ -Fe 的固相綫;

JE ——沿 BC 綫結晶的 γ -Fe 的固相綫;

DL ——渗碳体 Fe_3C 綫;

HN —— δ -鉄中碳的极限溶解度綫,同时也是冷却时 $\delta \rightarrow \gamma$ 的开始綫,或加热时 $\gamma \rightarrow \delta$ 的終了綫;

JN ——冷却时 $\delta \rightarrow \gamma$ 的終了綫,或加热时 $\gamma \rightarrow \delta$ 的开始綫;

GS ——冷却时 $\gamma \rightarrow \alpha$ 的开始綫(自奥氏体中析出純鉄体),同时也是加热时 $\alpha \rightarrow \gamma$ 的終了綫;

PG ——冷却时 $\gamma \rightarrow \alpha$ 的終了綫,或加热时 $\alpha \rightarrow \gamma$ 的开始綫。

(四) 图中的区域

$ABCD$ 綫以上的区域——均匀的液态鉄碳合金。

ABH 区域——液态合金 + δ -固溶体。

$BCEJ$ 区域——液态合金 + 奥氏体。

DCF 区域——液态合金 + 渗碳体。

AHN 区域—— δ -固溶体。

HJN 区域—— δ -固溶体 + 奥氏体。

$NJESG$ 区域——奥氏体。

$EFKS$ 区域——奥氏体 + 渗碳体。

GSP 区域——奥氏体 + 純鉄体。

QPG 区域——純鉄体。

$PKLQ$ 区域——純鉄体 + 渗碳体。

临界点的位置随加热和冷却而不同,为了区别起見,我們在加热时的临界点符号下面加一个小写英文字母“c”(A_{c_1} , A_{c_2}),在冷却时的临界点符号下面加一个字母“r”(A_{r_1} , A_{r_2})。因此,

A_{c_1} 或 A_{r_1} ——珠光体 $\longleftrightarrow$ 奥氏体。

A_{c_2} 或 A_{r_2} —— $\alpha \longleftrightarrow \beta$ 磁性轉变点。

A_{c_3} 或 A_{r_3} —— $\alpha \rightleftharpoons \gamma$ 的轉變。

A_{c_4} 或 A_{r_4} —— $\gamma \rightleftharpoons \delta$ 的轉變。

二、奧氏體等溫轉變圖 (C-曲線圖)

奧氏體過冷至 A_1 點以下不同溫度等溫轉變結果而得到的曲綫圖,叫做奧氏體等溫轉變圖(圖 1-2),因為圖上的曲綫形狀象英文字母“C”,所以又叫做 C-曲綫圖。

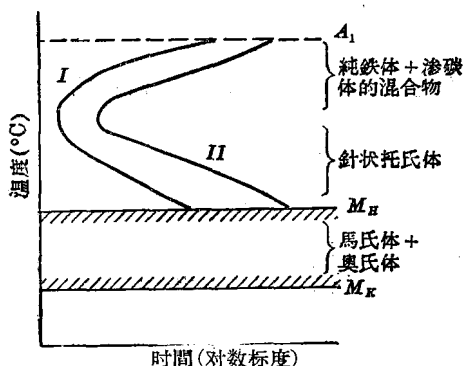


圖 1-2 奧氏體等溫轉變圖 (共析碳鋼)

圖上橫坐標軸代表時間 (對數標度); 直坐標軸代表溫度。曲綫 I 表示奧氏體在不同的過冷度下轉變為純鐵體 + 滲碳體混合物時所需經歷的時間, 即奧氏體轉變時所需的“孕育期”。由直軸至轉變開始曲綫 (曲綫 I) 的綫長, 即可作為衡量奧氏體不穩定度的標準。此綫段在 $500 \sim 600^\circ\text{C}$ 時最短 (此處又可稱為“鼻”部, 因其突出形狀如人鼻), 亦即奧氏體在此時最不穩定。曲綫 II 是奧氏體轉變終了綫, 即表示奧氏體全部轉變為純鐵體 + 滲碳體混合物時所需的時間。在 $500 \sim 600^\circ\text{C}$ 時這種時間也是最短的。

水平綫 M_n (或 M) 表示非擴散性的馬氏體轉變開始溫度。這種轉變機構與形成純鐵體 + 滲碳體混合物的機構不同。

各種鋼的 C-曲綫形狀和位置各不相同, 主要決定於鋼的成分, 此外尚受其他一些因素 (如晶粒度、奧氏體的均勻度等) 的影響。

亞共析鋼和過共析鋼的奧氏體等溫轉變圖, 與共析鋼的不同點是奧氏體在轉變成為純鐵體 + 滲碳體的混合物以前, 在亞共析

鋼中首先有过剩相純鉄体形成。而在过共析鋼中則先有二次滲碳体析出。

根据等溫轉變产物的特性,可以将 C-曲綫分为下面三个区域來說明:

(一) 奧氏体在 C-曲綫上部区域的轉變

共析鋼在 550°C 以上高温区域内轉變时(图 1-2), 奧氏体的分解在曲綫 I 开始, 直到曲綫 II 才終止, 形成的組織是純鉄体 + 滲碳体的混合物。在高温时, 即在极小的过冷度下所得到者为极粗的純鉄体 + 滲碳体的混合物, 这个混合物称为珠光体。在較低的温度下, 即当过冷度較大时, 組織的弥散度即增加, 这种較細的珠光体組織称为索氏体。如果温度更低(相当于 C-曲綫的鼻部), 产物的弥散度便更进一步增加, 此时形成的組織称为托氏体。

(二) 奧氏体在 C-曲綫中部区域的轉變

C-曲綫的中部区域是包括从 550°C 到 M_n 点之間的范围。在这区域中, 奧氏体等溫轉變所得的組織称为針狀托氏体, 有些书上又叫它做貝氏体。

針狀托氏体虽然也是純鉄体 + 滲碳体的机械混合物, 但由于其形成的机构不同, 故其形态与珠光体类产物(珠光体、索氏体、托氏体)有很大差別。

(三) 奧氏体在 C-曲綫下部区域的轉變

奧氏体在低于 M_n 点以下的温度分解, 就轉變成为馬氏体及残余奧氏体組織。等溫轉變的温度愈低, 那么得到的組織中含馬氏体的数量也就愈多, 鋼的硬度也愈高。直到 M_k (馬氏体轉變終了温度) 点的温度, 馬氏体的轉變便基本上全部完成(注意, 此时也还可能有少量残余奧氏体存在)。

在淬火时, 我們要求得到坚硬的馬氏体組織, 所以必須以很快的速度过冷到 M_n 点以下, 使奧氏体全部轉變为馬氏体。

鋼的含碳量在 $0.2 \sim 0.8\%$ 时, 它的馬氏体轉變开始点(M_n) 的温度, 可以用下面的公式近似地計算:

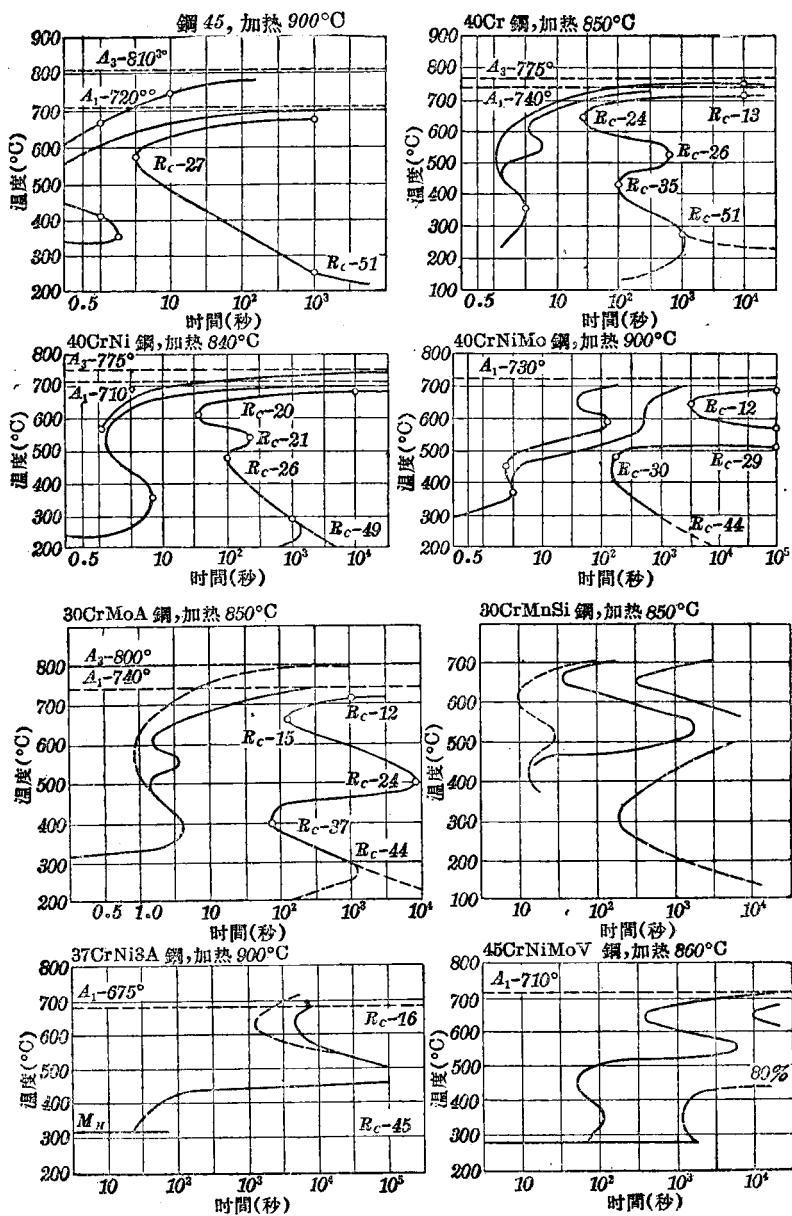


图 1-3 常用結構鋼的 C-曲線图

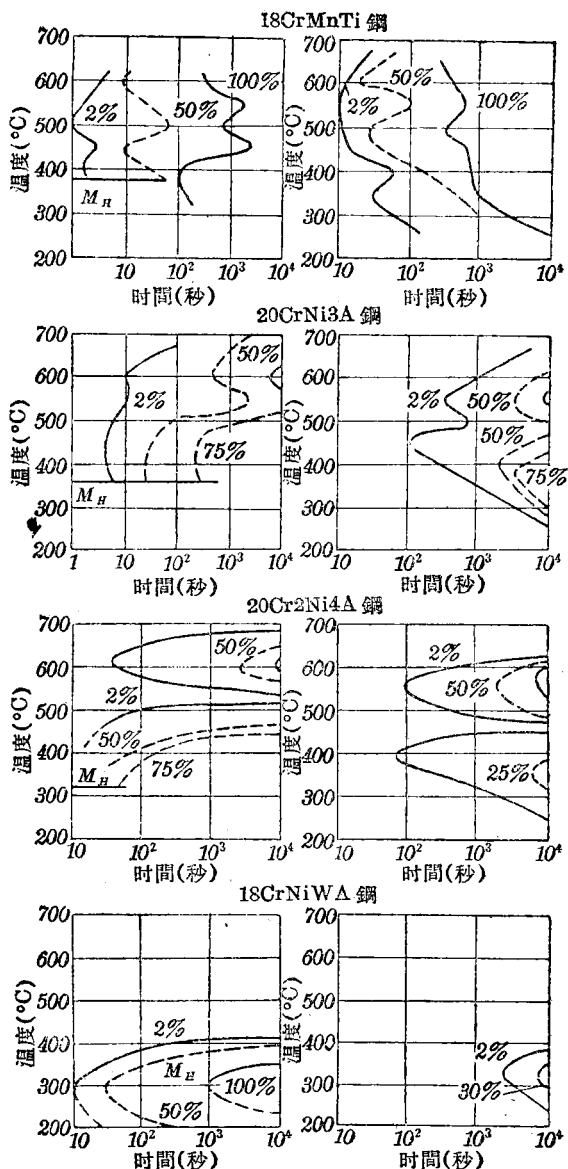


图 1-4 常用渗碳鋼的 C-曲线图

(左面各图——未渗碳状态；右面各图——渗碳状态)